

ESTUDO DE PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR EM ARENITOS DA FORMAÇÃO MONTE ALEGRE, REGIÃO DE MONTE ALEGRE (PA)

Fabio Tatsuya Gomes Makino¹ (UFPA), Candido Augusto Veloso Moura² (UFPA), Farid Chemale Jr³ (UFRGS)

¹fabiomakino@gmail.com

²candido@ufpa.br

³farid.chemale@ufrgs.br

Estudos de proveniência de rochas sedimentares são importantes para a reconstrução paleogeográfica de bacias sedimentares que, por sua vez, são imprescindíveis para estudos de previsão de qualidade de rochas reservatório. Investigações mineralógicas, petrográficas, sedimentológicas, geoquímicas e isotópicas são as ferramentas principais em estudos de proveniência. Esta última permite datar zircões detríticos presentes nos sedimentos, possibilitando comparar com as idades das prováveis rochas fontes. Adicionalmente, através do sistema Sm-Nd, obtêm-se informações sobre a idade de formação do segmento crustal que serviu de área fonte para uma determinada sucessão sedimentar. A Formação Monte Alegre é considerada uma unidade com grande potencial para reservatório de hidrocarbonetos em função de se situar, estratigraficamente, acima da principal unidade geradora de hidrocarbonetos da Bacia do Amazonas (Folhelho Barreirinha), e por ser constituída basicamente por arenitos ortoquartzíticos. Este trabalho reporta análises geocronológicas de grãos detríticos de zircão realizadas em duas amostras do arenito da Formação Monte Alegre, e idades modelo Sm-Nd (T_{DM}) obtidas em pelitos das formações Barreirinha e Oriximiná. Busca-se com isso, determinar as idades das rochas fontes dos arenitos e definir o tempo de residência crustal das rochas fontes que originaram os sedimentos pelíticos associados. Adicionalmente, inicia-se a formação de um banco de dados isotópicos para as rochas da Bacia do Amazonas, visando contribuir para o entendimento da evolução paleogeográfica desta bacia. As análises isotópicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul utilizando um espectrômetro de massa com fonte de plasma, sendo que na determinação da idade dos zircões detríticos foi empregado o sistema de abrasão a laser. A datação de 168 zircões detríticos forneceu os seguintes intervalos de idades: 551,9-969,2 Ma (56%), 1,20-1,53 Ga (36%) e 2,1-2,6 Ga (8%). As idades T_{DM} variaram entre 1,35 e 1,42 Ga indicando que as áreas fonte pode ter sido formada no Mesoproterozóico. Terrenos de idade mesoproterozóica são encontrados no sudoeste do Cráton Amazônico (Província Geocronológica Sunsás – 1,30-1,0 Ga). Ao norte da Bacia do Amazonas, no Escudo das Guianas, é reportado um episódio de 1,20 Ga representado pelo Cinturão K'Mudku. Por outro lado, rochas do Neoproterozóico ocorrem bem afastadas da área de estudo, no limite leste e sul/sudeste do Cráton Amazônico, e são representadas pelo Cinturão Paraguai-Araguaia. Os terrenos paleoproterozóicos e arqueanos do cráton Amazônico, possivelmente, não estavam expostos quando da sedimentação dos arenitos da Formação Monte Alegre, devido a escassez de zircões detríticos destas idades. Esta particularidade possivelmente se repetiu quando da deposição dos folhelhos das formações Barreirinhas, Curiri e Oriximiná uma vez que as idades T_{DM} sugerem uma área fonte formada no Mesoproterozóico. Os dados isotópicos indicam que as principais áreas fontes são formadas por rochas de idades neoproterozóica e mesoproterozóica.

Bacia do Amazonas-1, Geocronologia-2, Proveniência-3 Zircão-4

1. INTRODUÇÃO

A Formação Monte Alegre é considerada uma unidade com grande potencial para reservatório de hidrocarbonetos por estar situado, estratigraficamente, acima do Folhelho Barreirinha a principal rocha geradora de hidrocarbonetos da Bacia do Amazonas, e por ser constituída basicamente por arenitos ortoquartzíticos. Estudos de proveniência sedimentar são importantes na indústria do petróleo, pois contribuem para o entendimento da evolução paleogeográfica da bacia, fundamental para estudos de previsão de qualidade de rochas reservatório.

A geologia isotópica torna-se cada vez mais uma ferramenta importante em estudos de proveniência. A datação de grãos detríticos de zircão, por exemplo, permite determinar com maior segurança, as idades das prováveis rochas fontes (Goodge *et al*, 2004). Paralelamente, a determinação de idades-modelo Sm-Nd (T_{DM}) fornece informações sobre a idade de formação do segmento crustal que serviu de fonte das sucessões sedimentares (Murphy *et al*, 2004). Estas informações contribuem para definir com maior segurança o quadro paleogeográfico da bacia em estudo. Este trabalho apresenta os resultados referentes ao estudo de proveniência sedimentar da Formação Monte Alegre, utilizando como ferramenta a análise isotópica para determinar a idade

de zircões detríticos de arenitos desta unidade e idades modelo Sm-Nd (T_{DM}) em pelitos provenientes de unidades associadas.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo está situada no município de Monte Alegre, na microregião do Baixo Tapajós, noroeste do estado do Pará e está inserida no contexto da Bacia do Amazonas. Esta bacia está localizada no norte do Brasil, abrange os estados do Pará e Amazonas, é limitada ao norte pelo Escudo as Guianas, ao sul pelo Escudo Brasileiro, a leste pelo Arco de Gurupá e a oeste pelo Arco de Purus (Caputo, 1974). Segundo Cunha *et al* (1994) a sedimentação nesta bacia consiste em cinco seqüências: Pré-cambriana (formações Prosperança e Acari), Ordoviciano-siluriana (Grupo Trombetas), Devoniana-carbonífera (Grupos Urupadi e Curuá), Permocarbonífera (Grupo Tapajós) e a última Cretáceo-terciária (Grupo Javari).

De acordo com Matsuda *et al* (2004), A seqüência permocarbonífera (Grupo Tapajós), é marcada por uma sedimentação inicial siliciclástica fluvio-eólica intercalada com camadas de carbonatos depositados em ambientes marinho raso a restrito (Formação Monte Alegre), seguido por uma seqüência predominantemente carbonática/evaporítica da Formação Itaituba, também depositada em ambiente marinho raso. Sobreposta as duas, segue a Formação Nova Olinda constituída por depósitos evaporíticos/siliciclásticos e carbonáticos marinhos. Encerrando a seqüência permocarbonífera da bacia segue a deposição dos sedimentos da Formação Andirá, constituídos por siliciclásticos aversados, raros evaporitos e carbonatos depositados, em sua maioria, em ambiente fluvial/lacustrino a marinho restrito. Segundo Pastana (1999) a Formação Monte Alegre é formada por arenitos ortoquartzíticos, médios a grossos, às vezes conglomeráticos, friáveis, com marcas de onda, raramente intercalados por folhelho esverdeado a amarelo. Esta unidade tem uma ampla área de exposição na área de estudo, ocorrendo segundo uma faixa E-W a NE-SW, com cerca de 70 km de comprimento e largura bastante variável, estendendo-se para sul, até contornar grande parte do domo de Monte Alegre.

O Grupo Curuá (Caputo, 1984) é composto pelas formações Barreirinha, Curiri e Oriximiná e Faro. A Formação Barreirinha é composta de folhelhos pretos, registra o ambiente das águas mais profundas na história geológica da bacia, sob condições anóxicas. As delgadas camadas de arenitos associados podem representar turbiditos (Caputo, 1984). A Formação Curiri é representada por diamictitos, folhelhos e siltitos de ambiente glacial vigente no Fameniano (Daemon e Contreiras, 1971 *in* Cunha, 1994). A Formação Oriximiná consiste de alternâncias de arenitos, siltitos e folhelhos que retratam um ambiente fluvial regressivo, A Formação Faro é composta por arenitos flúvio-deltaicos com influência de tempestades, tournaísianos a viseanos (Daemon e Contreiras, 1971 *in* Cunha, 1994). Na região de Monte Alegre, segundo Pastana (1999) as formações Barreirinhas, Curiri, Oriximiná e Faro ocorrem em duas formas distintas. No flanco norte da bacia ocorrem segundo uma faixa alongada leste-oeste com 5 km em média de largura. Elas ocorrem também nos arredores do domo de Monte Alegre.

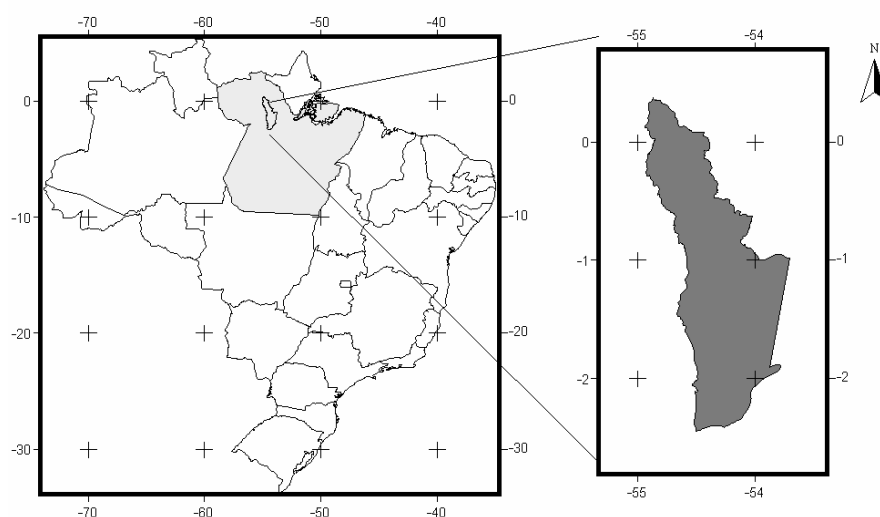


Figura 1. Mapa de Localização do Município de Monte Alegre

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizadas duas amostras de arenito da Formação Monte Alegre para análise pelo método U-Pb em grãos detríticos de zircão, além de três amostras de pelitos, sendo uma da Formação Barreirinhas, uma Formação Curiri e outra da Formação Oriximiná, para análise pelo método Sm-Nd em rocha total.

Os grãos detríticos de zircão foram extraídos a partir de 3 kg cada amostra de arenito. Essas amostras foram previamente trituradas, pulverizadas, deslamadas e peneiradas. Durante a etapa de peneiramento foram selecionadas as frações entre 180µm-125µm e 125µm-75µm, devido a maioria dos grãos de zircão ocorrerem nestes intervalos. As frações selecionadas foram em seguida elutriadas, e depois foi feita a separação dos minerais leves e pesados utilizando bromofórmio. A partir da fração pesada foi possível, com auxílio de uma lupa binocular, separar os grãos de zircão. Os 168 grãos de zircão obtidos na separação foram montados em resina epoxy e depois polidos, para obter uma superfície apropriada para a análise ICP-MS utilizando o sistema de abrasão a laser. Os grãos de zircão foram imageados no MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) para auxiliar na escolha do local a ser atingido pelo feixe de laser. As análises isotópicas, pelo método U-Pb em zircão, realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em um espectrômetro de massa com fonte de plasma, empregando o sistema de abrasão a laser.

Para as análises Sm-Nd as amostras passaram pelo processo de trituração, e em seguida pulverizadas no moinho de ágata. O material pulverizado foi quarteado e homogeneizado e, posteriormente retirada uma alíquota de 100 mg para análise isotópica. Foi adicionado o traçador misto ^{149}Sm - ^{150}Nd à amostra que dissolvida em ácido. Após a dissolução da amostra, o Sm e Nd foram separados com resina de troca iônica. A determinação da composição isotópica do Sm e Nd foi realizada no Laboratório de Geologia Isotópica da UFRGS em um espectrômetro de massa VG 54 Sector.

4. RESULTADOS

4.1 Idades U-Pb

Foram selecionadas duas amostras de arenitos da Formação Monte Alegre de afloramentos distintos, a primeira (06/FM-09), está situada a porção leste do domo de Monte Alegre, nas proximidades do Rio Maecuru. Estes arenitos ocorrem em forma de blocos, possuem coloração cinza esbranquiçado, granulometria média, bastante friáveis e intemperizados. Não foi observada nenhuma estrutura sedimentar. Petrograficamente, o arenito apresenta granulometria média (400µm), com grãos bem selecionados, bem arredondados, apresentando contatos côncavo-convexo, retilíneos e suturados. O arenito é constituído por quartzo, feldspato, fragmentos de rocha. Anfibólio, apatita, muscovita, turmalina e zircão ocorrem como traço. Quartzo é monocristalino, com extinção ondulante, mas podendo ocorrer, restritamente, extinção homogênea. O feldspato apresenta alteração para argilominerais. O cimento é formado por sobrecrecimento de sílica. Petrograficamente este arenito foi classificado como um sub-arcóseo.

A segunda amostra (06/FM-24) foi coletada ao norte do município de Monte Alegre, no flanco norte da bacia. Este arenito ocorre em forma de lajedo, granulometria média, coloração cinza esbranquiçado com porções amareladas. Apresenta estratificação plano-paralela, e está um pouco intemperizado. Sob o microscópio, a rocha mostra granulometria média (400µm), grãos são bem selecionados, bem arredondados, com predominância de contatos retos, os grãos apresentam uma leve orientação, a cimentação constituída por sobrecrecimento de sílica. Mineralogicamente, a rocha é composta essencialmente de quartzo, e em menores quantidades feldspatos, fragmentos de rocha, turmalina e zircão. O quartzo é monocristalino, apresenta tanto extinção homogênea quanto ondulante. Os grãos de feldspatos estão sendo substituídos por argilominerais. A rocha foi classificada como um quartzo arenito.

As análises geocronológicas dos zircões detríticos dessas duas amostras forneceram idades que variam desde o Arqueano até o Cambriano (Figura 2). A partir das dessas idades foi possível individualizar diversas populações de zircões que se situam nas seguintes faixas: 1) duas populações de idades variando do Neoproterozóico ao Cambriano (com médias em 551,9 e 969,2 Ma) perfazendo cerca de 56% dos grãos datados; 2) Duas populações de idades mesoproterozóicas (médias de idade de 1,20 e 1,53 Ga), que perfazem 36% dos grãos, e; 3) Idades paleoproterozóicas e arqueanas (média de 2,1 e 2,6 Ga) que são menos representativas constituindo apenas 8% dos grãos datados.

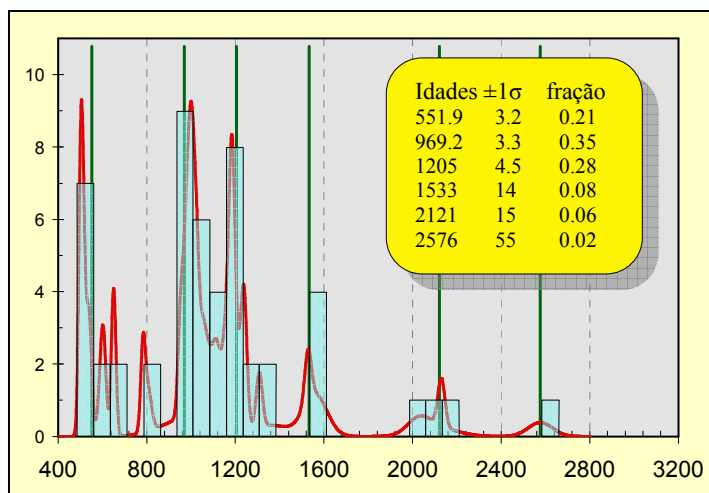


Figura 2. Histograma referente às idades (em Milhões de anos) dos zircões detriticos da Formação Monte Alegre.

4.2 Idade Modelo Sm-Nd T_{DM}

Para a realização das análises Sm-Nd foram coletadas três amostras de pelitos do Grupo Curuá, A Formação Barreirinha (amostra 06-FM-16) está representada por folhelhos negros levemente laminados, bastante carbonosos, fraturados e intemperizados. No local de coleta esta rocha ocorre em formas de blocos. A Formação Curiri (amostra 06-FM-17) compreende folhelhos negros bastante laminados, carbonosos, muito fraturados, e fracamente intemperizados. A Formação Oriximiná (amostra 06-FM-07) é composta por siltitos laminados, de coloração amarelada com alguns tons de vermelho. Estão pouco intemperizados, e ocorrem em formas de lajedos. Os resultados das idades modelo Sm-Nd T_{DM} mostraram idades para os pelitos de 1,35 Ga (06-FM-07), 1,35 Ga (06-FM-16) e 1,42 Ga (06-FM-17). Estas idades sugerem, a princípio, proveniência de uma área fonte formada no Mesoproterozóico. Alternativamente pode também indicar mistura de fonte juvenil mais jovem com fontes mais antigas.

Tabela 1. Resultado das análises Sm-Nd em três amostras de pelitos

Amostra	Sm	Nd	Sm/Nd	f Sm/Nd	147Sm/144Nd	143Nd/144Nd	T_{DM}
				CHUR	0,1967	0,512638	
				D.M.	0,23	0,51316	
06-FM-07	8,07	46,11	0,175	-0,462	0,10578	0,5120577	1,35±09 Ga
06-FM-16	14,63	77,55	0,189	-0,420	0,11403	0,5121305	1,35±09 Ga
06-FM-17	2,14	9,85	0,217	-0,333	0,13120	0,5122386	1,42±09 Ga

5. DISCUSSÕES

Os dados isotópicos obtidos indicam que as principais áreas fontes são formadas por rochas de idade neoproterozóica e, mesoproterozóica. Rochas do Neoproterozóico ocorrem bem afastadas da área de estudo, no limite leste e sul/sudeste do Cráton Amazônico, e é representado pelo Cinturão Paraguai-Araguaia. Terrenos de idade mesoproterozóica são encontrados no sudoeste do Cráton Amazônico, representado pela Província Geocronológica Sunsás, com idades entre 1,3 e 1,0 Ga (Tassinari *et al*, 1999). Ao norte da Bacia do Amazonas, no Escudo das Guianas, essas idades podem ser relacionadas com o episódio K²Mudku datado de 1,20 Ga. Os terrenos paleoproterozóicos e arqueanos deste cráton, provavelmente, não estavam expostos quando da sedimentação dos arenitos da Formação Monte Alegre, devido à escassez de zircões detriticos destas idades.

As idades T_{DM} estão variando entre 1,35 e 1,42 Ga, o que sugere um segmento crustal formado no Mesoproterozóico como área fonte dessas rochas. No entanto, estas idades podem também indicar mistura de fontes juvenis mais jovens (Neoproterozóico) com fontes mais antigas (Mesoproterozóico).

Os dados isotópicos indicam que durante a deposição das unidades estudadas da seqüência permocarbonífera a fonte principal dos sedimentos foram rochas crustais formadas no meso- e neoproterozóico. No entanto a localização e a exata identificação destas áreas fontes ainda está em nível especulativo.

6. CONCLUSÃO

A datação de zircões detríticos mostrou-se uma ferramenta eficaz nos estudos de proveniência sedimentar realizados em rochas da Bacia do Amazonas. As idades U-Pb em zircões detríticos dos arenitos, acopladas as idades T_{DM} de rochas pelíticas associadas, exibiram idades bem jovens do que a maioria das idades reportadas das rochas do Cráton Amazônico. É natural pensar que, sendo este cráton o embasamento da Bacia do Amazonas, e estando ele aflorando tanto no flanco norte quanto do flanco sul da bacia, suas rochas seriam as mais prováveis fontes de sedimentos. Entretanto, os resultados obtidos mostram que as rochas com idades paleoproterozóicas e arqueanas deste cráton não estavam expostas durante a deposição das unidades estudadas nesse trabalho. Portanto, sugere-se desenvolver estudos geocronológicos nas demais unidades desta bacia, aliados com outras ferramentas (estudos mineralógicos, sedimentológicos, petrográficos e geoquímicos), a fim de investigar mais detalhadamente a fonte dos sedimentos que originaram as rochas paleozóicas da bacia do Amazonas.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao convênio ANP/PRH06, pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela realização das análises isotópicas.

8. REFERÊNCIAS

- CAPUTO, M. V, Rodrigues, R., Vasconcelos, D. N. N. Nomenclatura estratigráfica da bacia do Amazonas - Histórico e Atualização, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1972. , Belém, **Anais**. SBG: v. 3, p. 35-46
- CAPUTO, M. V, **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern Basins of Brazil**. Santa Bárbara, Universidade da Califórnia, 1984. 582p. Tese (Doutorado)
- CUNHA, F. M. B.; GONZAGA, F. G.; COUTINHO, L. F. C.; FEIJÓ, F. J. 1994. Bacia do Amazonas, **Boletim de Geociências PETROBRAS**, 8 (1): 47-55.
- GOODGE J W, WILLIAMS I A, MYROW P. 2004, Provenance of neoproterozoic and Lower Paleozoic siliclastic rocks of the central Ross orogen, Antarctica: Detrital record of rift-, passive-, and active-margin sedimentation. **GSA Bulletin**. 116:1253-1279
- MATSUDA, N. S.; DINO, R.; WANDERLEY FILHO, J. R. Revisão litoestratigráfica do Grupo Tapajos, Carnonifero medio – Permiano da Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobras**. Rio de Janeiro, Brasil. V.12, p.435-441, maio/nov. 2004
- MURPHY, J. B; FERNANDEZ-SUAREZ, J; JEFFRIE, T. E. 2004., Lithogeochemical and Sm-Nd and U-Pb isotope data from the Silurian-Lower Devonian Arisaig Group clastic rocks, Avalon terrane, Nova Scotia: A record of terrane accretion in the Appalachian Caledonide orogen. **GSA Bulletin**. 116: 1183-1201
- PASTANA, S. M. N (org.). 1999. Síntese geológica e favorabilidade para tipos de jazimentos minerais do Município de Monte Alegre-PA. Belém, **CPRM/PRIMAZ**. 34p.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. **Episodes**, 22:174-182

SEDIMENTARY PROVENANCE OF SANDSTONES OF MONTE ALEGRE FORMATION, AMAZONAS BASIN, MONTE ALEGRE REGION (PA)

Provenance studies of sedimentary rocks provide important information for the paleogeographic reconstruction of sedimentary basins, which in turn are essential for reservoir quality prediction. Mineralogic, petrographic, sedimentologic and isotopic investigations are the main tools in provenance studies. The latter allows the dating of detritic zircon grains of a sedimentary rock, which permits the direct comparison with the ages of the probable source rocks. In addition, the use of the Sm-Nd system, gives information about the age of formation of the crustal segment that served as source for a given sedimentary succession. The Monte Alegre Formation is considered a unit with great potential for hydrocarbon reservoir because it is stratigraphically above the main petroleum source rock of the Amazonas basin (Barreirinha Shale) and, because it is made up of quartzarenite. This paper reports the U-Pb ages of detritic zircons of two sandstones of the Monte Alegre Formation, and the Sm-Nd model ages (TDM) of pelitic rocks associated to this unit, in order to investigate the ages of the source rocks this sandstone and the crustal residence time of the rocks that originated the associated pelites. In addition, this work starts a data bank for isotope data for the rocks of the Amazonas basin to support the interpretations of the paleogeographic evolution of this basin. The isotope analyses were carried out at the Isotope Geology Laboratory of the Federal University of Rio Grande do Sul. A ICPMS (NEPTUNE) with laser ablation were used for zircon age determination using the U-Pb system. The Sm-Nd analyses were conducted in a VG 54 Sector. The dating of 168 identified different populations of zircons with mean ages in the following intervals: 551.9-969.2 Ma (56%), 1.20-1.53 Ga (36%) e 2.1-2.6 Ga (8%). T_{DM} ages varied from 1.35 to 1.42 Ga suggest that the source areas of the sedimentary rocks may have formed in the Mesoproterozoic. Alternatively, the TDM ages may be interpreted as mixed age of younger (Neoproterozoic) and older (Mesoproterozoic) sources. Mesoproterozoic terranes are exposed in the southwestern portion of the Amazonian craton (Sunsás Geochronologic Province 1.30 – 1.0 Ga). To the north of the Amazonia basin, in the Guiana Shield, a 1.2 Ga episode is represented by the K'Mudku shear belt. On the other hand, Neoproterozoic rocks are exposed in the eastern and south-southeastern limits of the Amazonian craton, and are represented by the Paraguay-Araguaia belt. The Palaeoproterozoic and Archean terranes of the Amazonian craton, possibly were not exposed during the sedimentation of the sandstones of the Monte Alegre Formation, due to the scarcity of detritic zircons of these ages. This condition was similar during the deposition of the shales of the Barreirinhas e Oriximiná formations, since the T_{DM} ages suggest source areas with crustal residence age not older than 1.42 Ga. The isotope data suggest a major contribution of Neoproterozoic and Mesoproterozoic terranes for the sedimentary rocks of the Amazonas basin and, indicate that the Archean and Paleoproterozoic rocks of the Amazon craton were not the source areas of these rocks. However, it is not possible to point out the source areas.

Amazon Basin-1, Provenance -2, Geochronology -3, Zircon-4

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.